

Rec'd PCT/PTO 08 MAR 2005
10/527026

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

PCT/FI 3 / 00669

Helsinki 28.10.2003

REC'D 26 NOV 2003

WIPO PCT

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Metso Field Systems Oy
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20021644

Tekemispäivä
Filing date

13.09.2002

Kansainvälinen luokka
International class

G05B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä ja laitteisto prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi"

Hakemus on hakemusdiaariin 18.08.2003 tehdyn merkinnän mukaan siirtynyt Metso Automation Oy:lle, Helsinki.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on 18.08.2003 been assigned to Metso Automation Oy, Helsinki.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Marketta Tehikoski

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

BEST AVAILABLE COPY

Menetelmä ja laitteisto prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi

Keksinnön alue

Keksintö liittyy prosessiautomaatiojärjestelmiin.

5 Keksinnön tausta

Prosessiautomaatiojärjestelmässä säätösilmukka muodostuu tyypillisesti prosessista, mittauksesta, säätimestä ja varsinaisesta säätöelementistä, kuten venttiilistä, ja siihen liittyvästä laitteesta, kuten venttiilinohjain (asennoitin) ja toimilaite. Optimaalinen prosessinsäätö riippuu siitä, että kaikki nämä
10 komponentit toimivat asianmukaisesti.

Esimerkiksi prosessiteollisuudessa, kuten selluloosa- ja paperi-, öljynjalostus-, petrokemia- ja kemianteollisuudessa, erilaiset säätöventtiilit, jotka on asennettu laitoksen putkijärjestelmään, säätävät materiaalivirtoja prosessissa. Materiaalivirta voi sisältää mitä tahansa juoksevaa materiaalia, kuten virtaavia aineita, liemiä, nesteitä, kaasuja ja höyryä. Yksinkertaisimmassa muodossaan säätöventtiili voi olla manuaalisesti säädettävä mekaaninen venttiili.
15 Yleensä venttiili on varustettu venttiilinohjaimella ja toimilaitteella. Venttiilinohjain ja toimilaite säätävät säätöventtiilin asentoa prosessin säätöjärjestelmältä tulevan säätösisääntulon (esim. pneumaattinen tai sähköinen säätösisääntulo)
20 mukaan.

Kuvio 1 esittää esimerkkinä säätöventtiilin toiminnallisen lohkokaa-
vion. Venttiilinohjain (ts. asennoitin) 10 säätää venttiilin kulkua/asentoa (h) toimilaitteen 11 synnyttämän vääntömomentin avulla. Asentoinformaatio (h) takaisinkytketään toimilaitteelta 11 tai venttiililtä 12 venttiilinohjaimen sisääntulossa olevalle summaimelle. Venttiilinohjaimen toiminta perustuu pääasiallisesti sisääntulosignaalin u (prosessilta tuleva ohjaussignaali) ja takaisinkytketyn asennon (h) väliseen virheeseen (e). Venttiilinohjain 10 toimii siten, että se minimoi tämän virheen säätöalgoritmilla, kuten tila- tai PID-algoritmilla. Tämä säätöalgoritmi räätälöidään kullekin venttiilille ja se voidaan tarvittaessa viritellä asennettaessa tai toiminnan aikana. Viritys voi sisältää esimerkiksi vahvistusparametrien muuttamisen. Venttiilinohjaimessa 10 on myös mahdollista käyttää yhtä tai useampaa ylimääräistä takaisinkytkentää, kuten toimielimen sylinterin nopeustakaisinkytkentää tai painetakaisinkytkentää, jotta saavutetaan tasapainoisempi ja tarkempi venttiilin asennon säätötoiminto.
30

Kuvio 2 havainnollistaa prosessisäätösilmukan tyypillistä mallia, joka säätää yhtä säätöventtiiliä 22 ja tätä kautta yhtä materiaalivirtaa prosessissa. Säätöventtiili 22 voi olla esimerkiksi kuvion 1 mukainen. Prosessin säätösilmukka sisältää prosessisäätimen 21, jossa on säätöalgoritmi, joka tuottaa säätösignaalin u säätämään säätöventtiiliä 22 asetusarvon r (joka saadaan esimerkiksi valvontahuoneen tietokoneelta) ja takaisinkytketyn prosessimuuttujan y mukaan. Säätöalgoritmi voi olla mikä tahansa algoritmi, jota käytetään säätöjärjestelmissä, kuten PID-, PI- tai P-säätö. Säätöventtiilille 22 syötetty säätösignaali u säätää venttiilin asentoa, venttiilin kulkua ja tällä tavoin materiaalivirtaa prosessissa. Haluttu prosessimuuttuja y mitataan mittauslähettimellä 24 ja sitä verrataan (lohko 20) saman prosessimuuttujan asetusarvoon r , niin että tuotetaan virhesignaali $e2$, joka syötetään prosessisäätimelle 21. Prosessisäätimen 21 muuttaa säätösignaalia u siten, että se minimoi säätövirheen $e2$. Prosessinsäätövirhe aiheutuu tyypillisesti asetusvirheen muutoksista ja prosessin häiriöistä.

Venttiili oheislaitteineen on usein säätösilmukan heikko lenkki, koska ne ovat ainoita liikkuvia osia. Tämän liikkeen vuoksi esiintyy ongelmia ja nämä ongelmat pienentävät säätösilmukan suorituskykyä. Venttiilillä, toimielimellä (actuator) ja venttiilin asennoittimella (controller, positioner) täytyy olla riittävän tiukat mekaaniset toleranssit, jotta vältetään välien mekaanisten sovitusien aiheuttama välilyönti eli klappi (Backlash). Välyksen seurauksena venttiilin liike ei seuraakaan tarkasti säätösignaalia vaan poikkeaa siitä. Välyksen vaikutus tulee esille erityisesti kun venttiilin säädön suunta ja sitä kautta venttiilin liikesuunta käännetään vastakkaiseksi. Tällöin säätösignaalin arvo muuttuu jonkin aikaan ennen kuin mitatussa ulostulosignaali alkaa havaittava muutos. Tätä kutsutaan myös säädön kuolleeksi alueeksi (dead band). Tämä ilmiö voi johtua paitsi välyksestä toimielimessä tai asennoittimessa myös venttiilin takerumisesta tai muista mekaanisista tekijöistä, kuten lähtökitka. Mekaanisten osien välilyönti luonnollisesti lisääntyy niiden kulumisen seurauksena.

Väly (Backlash) ja muut virhetekijät aiheuttavat prosessilaitteen, kuten venttiilin ja/tai sen oheislaitteiden, ohjauksen ja mitatun vasteen välillä hystereesiä, jota on havainnollistettu kuviossa 3. Suora 31 havainnollistaa ideaalista ohjauksen u ja mittauksen (ulostulon) y , kuten venttiilin asento, välistä suhdetta eli ominaiskäyrää. Todellinen mittaus/ohjausriippuvuus on kuvattu ominaiskäyrällä 32. Kuten kuviosta havaitaan, välyksen ja mahdollisesti muiden tekijöiden vuoksi on ylöspäin tapahtuvalla ohjauksella (kasvava u) eri omi-

naiskäyrä 32A kuin alaspäin tapahtuvalla ohjauksella (pienenevä u), jolla on ominaiskäyrä 32B. Käyrien välinen ero kuvaa prosessilaitteen ohjauksen hystereesiä.

5 Joissakin tapauksissa säätimet varustetaan automaattisella Backlash-kompensaatiolla, jotka pyrkivät ottamaan huomioon laitteen mekaanisen epäideaalisuuden aina ohjauksen suuntaa käännettäessä. Tällainen ratkaisu on kuvattu esimerkiksi US-patentissa 5,742,144. Tällaiset ratkaisut ovat teoriassa hyviä, mutta käytännössä rajoittuneita, koska välitys ja hystereesi vaihtelevat erilaisten tekijöiden seurauksena.

10 Tieto hystereesistä ja Backlashista on kuitenkin tärkeä sekä säätöpiiriin virityksen kannalta että tietona, joka kertoo prosessilaitteen, kuten venttiilin ja/tai sen toimilaitteen tai venttiilinasettimen kunnosta. Mikäli hystereesi tai Backlash kasvaa merkittävästi, voidaan ryhtyä huoltotoimenpiteisiin asian korjaamiseksi.

15 Eräs tyypillinen tapa toimilaitteen hystereesin tai Backlashin toteamiseksi on kytkeä säädin manuaaliseen säätötilaan ja tehdä askelkokeista koostuva sekvenssi. Tällöin toimilaite ajetaan eri suunnista samaan asentoon, jolloin mittauksen avulla saadaan esille mahdolliset Backlashista tai hystereesistä johtuvat eroavaisuudet ohjauksen ja vasteen välillä. Toinen tyypillinen tap

20 pa on ajaa toimilaite edestakaisin koko ohjausalueen yli ja arvioida Backlash ja hystereesi mittaustuloksista. Esimerkiksi venttiilin toimilaitteen tapauksessa ajetaan venttiili kiinni-asennosta auki-asentoon ja takaisin kiinni-asentoon. Näissä ratkaisuissa on kuitenkin ongelmana se, että ne ovat erillisiä kokeita, jotka täytyy suorittaa prosessin ollessa keskeytettynä tai tutkittavan prosessi-

25 laitteen ollessa ohitettuna tai irrotettuna prosessista. Tämän tyyppisiä venttiilin asettimelle suoritettavia testejä on kuvattu IEC (International Electrotechnical Commission) –standardissa 61514, Industrial-process control systems: Methods of evaluating the performance of valve positioners with pneumatic outputs, first edition, 2000-04.

30 WO 01/11436 esittää menetelmän ja laitteen, joka tilastollisesti määrittää yhden tai useamman prosessinsäätösilmukan parametrin estimaatin laitteelle tai säätösilmukalle, joka on aktiivisessa toiminnassa prosessinsäätöympäristössä. Tällaisia parametreja ovat esimerkiksi kitka, kuollut alue (dead band), kuollut aika (dead time), värähtely, tai Backlash. Menetelmässä aina mitataan yksi tai useampi signaali prosessinsäätösilmukassa, kun prosessinsäätösilmukka on kytketty on-line –prosessinsäätöympäristöön, tallennetaan mitat-

35

tu signaali signaalidatana ja sitten suoritetaan tallennetulle datalle joukko tilastanalyysieja halutun parametristimaatin määrittämiseksi. Tämän ratkaisun etuna on, että prosessilaitetta ei tarvitse poistaa prosessista tai säätösilrukkaa ohittaa testin suorittamista varten.

- 5 Käytännössä on-line tapahtuva hystereesin tai välyksen (Backlash) määrittäminen on herkkä prosessihäiriöille ja epätarkka. Lisäksi yleensä tarvitaan tilastollisia laskentamenetelmiä, matriisilaskentaa, matemaattisia funktioita, jne.

Keksinnön yhteenveto

- 10 Keksinnön tavoitteena on uusi menetelmä ja laitteisto prosessissa normaalissa ajossa olevan prosessilaitteen hystereesin tai välyksen määrittämiseen tavalla, joka on suhteellisen yksinkertainen ja tarkka.

- Tämä keksinnön tavoite saavutetaan oheisissa itsenäisissä patenttivaatimuksissa kuvatulla menetelmällä ja järjestelmällä. Keksinnön edullisia suoritusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa. Esillä olevassa keksinnössä kerätään prosessissa normaalissa ajossa olevan prosessilaitteen ohjausta edustavan signaalin ja sen ulostuloa edustavan signaalin näytepareja. Ulostuloa edustava signaali voi olla esimerkiksi prosessista mitattu prosessisuure. Se voi myös olla prosessisuureen asetusarvo. Kukin kerätty ohjaus/ulostulo-näytepari käsittää keskimääräisen ohjaussisääntulon ja keskimääräisen mitatun ulostulon, jotka on laskettu ennalta määrätyltä keräilyjaksolta. Tyypillisesti, kuten keksinnön eräässä suoritusmuodossa, ohjaussisääntuloa edustavasta signaalista ja ulostuloa edustavasta mitatusta signaalista otetaan hetkellinen näytepari tietyin aikaväleihin, joka on edullisesti yhden tai useamman sekunnin luokkaa. Tällaista dataa kutsutaan usein sekuntitason dataksi tai sekuntidataksi. Sitten, kuten keksinnön eräässä suoritusmuodossa, mainitun keräilyjakson aikana otetuista hetkellisistä näytepareista (esim. sekuntidatasta) lasketaan keskimääräinen näytepari. Keräilyjakso on edullisesti yhden tai useamman minuutin luokkaa, jolloin keskiarvoja kutsutaan usein minuuttikeskiarvoiksi.

- Ennen ominaiskäyrien laskemista seulotaan kerätystä raakadatatista erilleen näyteparit, jotka ovat sopivia jatkokäsittelyyn kunkin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määrän ja suunnan perusteella. Tämä seulonta on erittäin tärkeä menetelmän tarkkuuden kannalta.
- 35 Normaalissa ajossa säätöpiiri ohjaa prosessilaitetta jatkuvasti siten, että säätö sahaa molempiin suuntiin. Lisäksi esiintyy erilaisia häiriöitä. Seulomalla sopivat

näyteparit jatkokäsittelyyn niiden ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määrän ja suunnan perusteella löydetään kulmapisteet säätötilanteessa, jossa säädön suunta vaihtuu. Säädön suunnan vaihtuessa mitattu ulostulo voi hystereesin tai välyksen vuoksi osua epämääräiselle alueelle ja sitä kautta aiheuttaa virhettä lopulliseen ominaiskäyrien laskentaan. Keksinnön mukaisella seulonnalla varmistetaan, että laskentaan valitut näytteet edustavat "stabiilia" tilannetta joko ylös- tai alaspäin suuntautuvassa säädössä. Keksinnön eräässä suoritussuodossa tämä valikointi tai seulonta tapahtuu sillä tavoin, että kullekin näyteparille lasketaan keskimääräisen ohjaussisääntulon muutos suhteessa edellisen näyteparin keskimääräiseen ohjaussisääntuloon sekä muutoksen suunta ja jos laskettu muutos on pienempi ja tapahtunut samaan suuntaan kuin mainitulle edellisen näyteparin ohjaussisääntulolle laskettu muutos, valitaan näytepari jatkokäsittelyyn, ja muutoin hylätään näytepari.

Keksinnön mukaisesti näyteparit lisäksi ryhmitellään ensimmäiseen ja toiseen ryhmään kunkin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen suunnan tai etumerkin perusteella. Nämä kaksi ryhmää edustavat ylösmenevää ohjausta (kasvava ohjauksen arvo, positiivinen etumerkki) ja laskevaa ohjauksen suuntaa (pienenevä ohjauksen arvo, negatiivinen etumerkki). Ryhmittely voi tapahtua ennen seulontaa, seulonnan aikana tai seulonnan jälkeen. Ensimmäisen ja toisen ryhmän seulottujen näyteparien avulla lasketaan sitten ensimmäinen ja toinen ohjaus/ulostulo-ominaiskäyrä, jotka edustavat nousevaa ja laskevaa ohjausta. Lopuksi näiden ominaiskäyrien perusteella määritetään prosessilaitteen hystereesi tai välys ensimmäisen ja toisen ominaiskäyrän välisenä etäisyytenä ainakin yhdessä pisteessä. Käytännössä ominaiskäyrän laskeminen käsittää ainakin muutaman pisteen laskemisen kullekin ominaiskäyrälle. Hystereesin tai välyksen määrittäminen merkitsee ohjausakselin suuntaisen etäisyyden määrittämisen ainakin yhdessä näin määritellyssä pisteessä.

Teollisuusprosessin operaattorien kannalta on tärkeä tietää, kuinka luotettava keksinnön mukaisella tavalla saatu hystereesi tai välys on. Luotettavuus vaihtelee erilaisten prosessiolosuhteiden mukana. Keksinnön eräässä suoritussuodossa lasketaan määritellylle hystereesille tai välyksille lisäksi luotettavuusarvo funktiolla, joka sisältää parametreina

ensimmäiseen, nousevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien lukumäärän Ny_1 ,

toiseen, laskevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien lukumäärän $Ny2$,

ensimmäiseen ominaiskäyrään kuuluvien, mutta toisen ominaiskäyrän alapuolella olevien näyteparien lukumäärän $Noy1$, ja

5 toiseen ominaiskäyrään kuuluvien, mutta ensimmäisen ohjauskäyrän yläpuolella olevien näyteparien lukumäärän $Noy2$.

Tämä luotettavuuden määrittely perustuu siihen, että mitä suurempi osa tietyn ominaiskäyrän laskemiseen käytetyistä mittauspareista sijaitsee toisen käyrän takana, sitä epäluotettavampi on saatu tulos. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaisesti luotettavuusarvo lasketaan funktiolla $L = \max(0, 1 - Noy1/Ny1 - Noy2/Ny2)$, jolloin L voi saada arvoja välillä 0-1, missä $L=1$ on täysin luotettava ja $L=0$ täysin epäluotettava.

Piirrosten lyhyt selitys

15 Keksintöä selitetään seuraavassa esimerkinomaisten suoritusmuotojen avulla viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää säätöventtiilin toiminnallisen lohkokaaavion,

kuvio 2 esittää prosessinsäätösilmukan tyypillisen mallin, ja

kuvio 3 on kuvaaja, joka havainnollistaa säätösilmukan ominaiskäyrää ja hystereesiä,

20 kuvio 4 on periaatteellinen toiminnallinen lohkokaavio, joka havainnollistaa keksinnön mukaista hystereesin määrittäsalgoritmia,

kuvio 5 on tietovirtakaavio, joka havainnollistaa kuvion 4 ilmaisulohkon 40 algoritmia,

kuvio 6A esittää mittauksen y minuuttikeskiarvoja,

25 kuvio 6B esittää ohjauksen u minuuttikeskiarvoja ajan funktiona,

kuvio 7A esittää ominaiskäyrät, jotka on muodostettu ilman keksinnön mukaista valikointia,

kuvio 7B esittää ominaiskäyrät, jotka on muodostettu käyttäen keksinnön mukaista valikointia,

30 kuviot 8 ja 9 havainnollistavat hystereesin laskemista ominaiskäyristä, ja

kuvio 10 on graafinen esitys, jossa yläkuva havainnollistaa ohjausmittauspareja ja laskettua ominaiskäyrää ja jossa alakuva esittää frekvenssikäyrää.

Keksinnön yksityiskohtainen selitys

Esillä olevaa keksintöä voidaan soveltaa kaikissa teollisuusprosesseissa ja vastaavissa. Keksintöä ei ole rajoitettu mihinkään tiettyyn prosessilaitteeseen, vaan keksintöä voidaan soveltaa erilaisten laitteiden kanssa, jotka säätelevät prosessia, kuten venttiilit, pumput, tuulettimet, lämmönvaihtimet, jne.

Keksinnön esimerkinomaiset suoritusmuodot tullaan kuvaamaan käyttäen esimerkkinä säätöventtiilejä ja niiden oheislaitteita, eli venttiilinohjaimia (asennoitimia) ja toimielimiä.

Kuvio 4 on periaatteellinen toiminnallinen lohkokaavio, joka havainnollistaa keksinnön mukaista hystereesin määrittäsalgoritmia. Säädin 21 on esimerkiksi kuviossa 2 kuvatus tyypinen PID-prosessisäädin. Se saa sisään-tuloina jonkin tyyppisen asetusarvon r (set point) sekä mitatun prosessimuuttujan tai muun mittauksen y , joka edustaa tarkkailtavan säätöpiirin tai prosessilaitteen ohjausvastetta tai ulostuloa. Säädin 21 muodostaa ohjauksen u , joka syötetään prosessilaitteelle, kuten venttiilinohjaimelle, toimielimelle tai asettimelle. Lohko 40 edustaa keksinnön erään suoritusmuodon mukaista hystereesin tunnistusta (hysteresis identification). Kuvion 4 esimerkissä lohko 40 kerää näytteitä ohjaussignaalista u ja takaisinkytketystä mittaustuloksesta y . Mittaustulos voi olla säädettävän prosessisuureen mitattu arvo, kuten mitattu virtaus venttiilin ulostulona. Mittaustulos y voi olla itse säädettävän prosessisuureen sijasta myös jokin muu ulostuloa edustava mitattu prosessimuuttuja, joka sopivalla tavalla korreloi säädettävän prosessisuureen tai ulostulon kanssa. Tällainen prosessimuuttuja voi olla esimerkiksi lämpötila, paine-ero tai pH. Vaihtoehtoisesti mittaustuloksen tilalla voidaan käyttää myös asetusarvoa r edustavaa näytettä. Tämä on mahdollista erityisesti tapauksissa, joissa mittaustuloksen y on havaittu seuraavan hyvin asetusarvoa r . Näin on esimerkiksi kuviossa 6A havainnollistetussa esimerkissä.

Keksinnön eräässä suoritusmuodossa hystereesinilmaisulohko 40 seuraa algoritmia, jota havainnollistaa kuvion 5 tietovirtakaavio. Lohko 40 kerää prosessista sekuntitason näytedataa y_s ja u_s säätöpiirin ohjaus- ja mittaussignaaleista u ja y . Sekuntitason datassa tyypillinen näytteenottoväli on yksi sekunti tai muutamia sekunteja, mutta keksintöä ei ole rajoitettu mihinkään tiettyyn näytteenottoaikaan. Tätä näytedataa jalostetaan eri vaiheissa ja laskennan lopputuloksena saadaan arvio prosessilaitteen tai säätöpiirin hystereesistä ja luotettavuudesta. Menetelmä voidaan jakaa on-line -vaiheeseen ja off-line

–vaiheeseen, mutta tällainen jako ei ole välttämätön tai se voidaan suorittaa eri lailla kuin tässä esimerkissä on esitetty.

On-line –vaiheessa kerätään prosessin säätöpiireistä sekuntitason tai jollakin muulla keruuvälillä mittauksia säätimen 21 ohjauksesta u ja mittauksesta y , kuten kuvion 5 vaiheessa 50 on havainnollistettu. Näistä sekuntitason mittausarvoista lasketaan vaiheessa 51 minuuttikeskiarvoja y_m ja u_m , jotka tallennetaan tietokantaan (vaihe 52). Minuuttikeskiarvo tarkoittaa, että keskiarvot lasketaan minuutin tai minuuttien luokkaa olevan keruujakson aikana kerätyistä sekuntitason arvoista. Tämä keruujakso, jonka yli keskiarvo lasketaan, voi kuitenkin vaihdella sovelluksesta riippuen. Tyypillisesti keskiarvojakson valinnassa otetaan huomioon säätimen nopeus tai integrointiaika T_i siten, että keskiarvojen päivitysväli (keruujakso) T_p täyttää ehdon $T_i < T_p < 5 \times T_i$. Jos säätimen integrointiaika T_i olisi pieni suhteessa päivitysjaksoon T_p , säädin 21 ehtisi suorittaa monta säätöä yhden jakson T_p aikana. Esimerkkinä voidaan sanoa, että

virtaussäädössä T_i on tyypillisesti suuruusluokkaa 10-20 sekuntia.

Mikäli automaatiojärjestelmässä on jo muuta tarkoitusta varten käytössä valmis on-line -keräys, jonka avulla kerätään esimerkiksi minuuttikeskiarvoja, säätöpiirin ohjaus- ja mittaussignaaleista, näitä tietoja voidaan sellaisenaan hyödyntää esillä olevan keksinnön tarkoitukseen. Tällöin nämä jo olemassa olevat toiminnot korvaisivat vaiheet 50, 51 ja 52 kuviossa 5.

On-line –vaiheessa tallennetut minuuttitason (u , y) –parit haetaan myöhemmin, esimerkiksi kerran vuorokaudessa, kerran viikossa tai muulla periodilla tietokannasta hystereesin laskentaa varten. Tallennetuista minuuttitason näytepareista u_m ja y_m valikoidaan tietyn proseduurin mukaisesti ne parit, jotka soveltuvat hystereesin laskentaan (vaihe 53). Parit jaetaan myös kahteen ryhmään. Soveltumattomat parit hylätään (vaihe 57). Valikoiduista (u_m , y_m) -pareista lasketaan kaksi ominaiskäyrää (54), joiden perusteella lasketaan hystereesi (vaihe 55). Laskentaan 55 kuuluu myös rutiini, joka arvioi tunnistetun hystereesin luotettavuuden.

Seuraavassa kuvataan yksityiskohtaisemmin esimerkkien avulla kuinka keksinnön mukaisen algoritmin eri vaiheet voidaan toteuttaa.

Minuuttikeskiarvon laskenta

Sekuntitason (tai muun keruuvälin) näyteparit mittaus- ja ohjaussignaaleista y ja u kerätään puskureihin $y_{s(i)}$ ja $u_{s(i)}$, missä $i = 1 \dots N$ (puskurin pituus on $N = 60$, kun käytössä on sekunti/minuuttilaskenta). Minuuttitason tai

muun tallennusvälin keskiarvot y_m ja u_m lasketaan puskureissa olevan sekuntidatan perusteella.

Ohjaus-mittausparien valikointi ja jako

Ennen ominaiskäyrän laskentaa valikoidaan minuuttitasen raakadatat 5
tasta ne ohjaus- ja mittausnäytteiden parit, jotka soveltuvat hystereesin laskentaan. Valikoidut näyteparit jaetaan edelleen kahteen ryhmään G1 ja G2 riippuen siitä, onko säätöpiirin ohjaus menossa ylöspäin (ohjauksen u arvo kasvaa) vai alaspäin (ohjauksen u arvo pienenee).

Minuuttikeskiarvopari ($u_m(j)$, $y_m(j)$) valitaan ominaiskäyrän laskentaan, jos seuraavat kaksi ehtoa täyttyvät: 10

$$|\Delta u_m(j)| < |\Delta u_m(j-1)|$$

$$\text{sign}(\Delta u_m(j)) = \text{sign}(\Delta u_m(j-1))$$

missä

15 $u_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen ohjaussisääntulo,

$y_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen mitattu ulostulo,

j on kokonaislukuindeksi,

$$\Delta u_m(j) = u_m(j) - u_m(j-1)$$

$\text{sign}(\Delta u_m)$ laskee Δu_m :n etumerkin.

20

Toisin sanoen mittaus- ja ohjausnäytepari kelpuutetaan mukaan hystereesin laskentaan vain, jos ohjauksen minuuttikeskiarvon $u_m(j)$ muutos $\Delta u_m(j)$ on pienempi kuin edellisen näyteparin ohjaukselle laskettu muutos ja muutos on tapahtunut samaan suuntaan kuin edellinen muutos.

25

Ohjaus- ja mittausnäyteparit jaetaan edelleen kahteen ryhmään ohjauksen muutoksen Δu_m etumerkin perusteella siten, että näytepari otetaan ryhmään G1, kun muutoksen etumerkki on positiivinen (ohjaus on menossa ylöspäin), ja näytepari otetaan ryhmään G2, kun muutoksen etumerkki on negatiivinen (ohjaus on menossa alaspäin).

30

Keksinnön periaatteiden mukaisesti suoritettu valikointi ja ryhmittely ovat hyvin oleellisia hystereesin määrittämisen tarkkuuden ja luotettavuuden kannalta. Tätä voidaan tarkastella virtauksen säätöön liittyvällä esimerkillä. Säätöpiirin mittaus- ja ohjaussignaaleista on kerätty keksinnön mukaisesti minuuttikeskiarvoja noin 6,5 tunnin ajalta. Kuvio 6A esittää mittauksen y minuutti-

- keskiarvoja ja kuvio 6B esittää ohjauksen u minuuttikeskiarvoja ajan funktiona. Kuvioista 6A ja 6B nähdään, että ohjaussignaali u sahaa edestakaisin, ilmiö, joka mahdollisesti indikoi toimilaitteen vikaa. Jos kuvioissa 6A ja 6B esitetyistä minuuttikeskiarvoista muodostetaan ohjaus- ja mittausnäyteparit ja piirretään
- 5 ominaiskäyrät ilman keksinnön mukaista valikointia, saadaan kuvion 7A mukainen lopputulos. Voidaan nähdä, että ohjaus- ja mittausnäyteparit täyttävät koko hystereesialueen eikä selkeitä käyriä voida erottaa. Tarkastellaan sitten keksinnön mukaista toteutusta, jossa valikoidaan ne ohjaus- ja mittausnäyteparit, jotka soveltuvat hystereesin laskentaan, ja jaetaan parit kahteen ryh-
- 10 mään. Valikoidut näyteparit on esitetty kuviossa 7B siten, että ryhmän G1 näyteparit (ohjaus liikkuu ylöspäin) on merkitty symbolilla o ja ryhmän G2 näyteparit (ohjaus liikkuu alaspäin) on merkitty symbolilla x . Lisäksi näiden perusteella on piirretty kaksi ominaiskäyrää $-*$. Kuvioista 7A ja 7B voidaan havaita, että keksinnön mukainen valikointi ja ryhmittely muuttaa kuvion 7A epämääräisen
- 15 pistejoukon kahdeksi selkeäksi ominaiskäyräksi, joista toinen edustaa ohjausta ylöspäin (positiiviseen suuntaan) ja toinen alaspäin (negatiiviseen suuntaan). Tämä yksinkertainen esimerkki osoittaa, että valikoilla ja ryhmityksellä on hyvin suuri merkitys keksinnön mukaisen menetelmän tarkkuudelle.

Ominaiskäyrien laskenta

- 20 Valikoinnin ja jaon jälkeen lasketaan näytepareista ominaiskäyrät vaiheessa 54. Ominaiskäyriä on kaksi ja niistä molemmat lasketaan samalla algoritmilla. Seuraavassa kuvataan algoritmi yhden ominaiskäyrän laskemiseen.

- Ohjausalue (ohjaussignaalin arvoalue) jaetaan koreihin $u_0(1) \dots$
- 25 $u_0(n_{bin})$, joihin ominaiskäyrän arvot laskennan edetessä tallennetaan. Pisteet $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ ovat korien sijainnit ohjaussisääntuloa edustavalla u -akselilla ja n_{bin} on korien lukumäärä. Parametrit $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ edustavat ulostulon (mittauksen) y arvoja ulostuloa kuvaavalla akselilla y . Täten korien sijaintien ja niiden arvojen muodostamat parit $u_0(1)/y_0(1), \dots, u_0(n_{bin})/y_0(n_{bin})$ määrittelevät ominais-
- 30 käyrän. Tämän lisäksi lasketaan kunkin korin arvon laskennassa käytettyjen näyteparien lukumäärää laskureissa $nct(1) \dots nct(n_{bin})$. Korien lukumäärä voi olla mikä tahansa haluttu, esimerkiksi 3, 5 tai 10. Korien $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ arvoja $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ päivitetään valikoitujen näyteparien avulla käyttäen ennalta määrättyä painotusfunktiota.

- 35 Keksinnön eräässä suoritusmuodossa kunkin näyteparin mukaan päivitetään kahta paria b_n, b_{n-1} , jotka valitaan siten, että seuraava ehto täyttyy:

$$b_n < \frac{u_m - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}} (n_{bin} - 1) + 1 < b_{n+1}$$

missä

5

u_m on näyteparin j ohjauksen minuuttikeskiarvo,

y_m on näyteparin j mittauksen minuuttikeskiarvo

$n=1..bin$,

u_{\min} ja u_{\max} ovat ohjausalueen minimi ja vastaavasti maksimi.

10

Tämän jälkeen päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n-1} arvot $y_0(b_n)$ ja $y_0(b_{n+1})$ seuraavasti

$$y_0(b_n) = \frac{nct(b_n)y_0(b_n) + w_1 y_m}{nct(b_n) + w_1}$$

$$y_0(b_{n+1}) = \frac{nct(b_{n+1})y_0(b_{n+1}) + w_2 y_m}{nct(b_{n+1}) + w_2}$$

15

missä

$nct(1)....nct(n_{bin})$ edustavat kunkin korin päivitysten (käytettyjen ohjaus/mittausparien) lukumäärää,

w_n ja w_{n+1} ovat painokertoimet

20

$$w_n = 1 - \frac{|u_m - u_{\min} - (b_n - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

$$w_{n+1} = 1 - \frac{|u_m - u_{\min} - (b_{n+1} - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

u_{st} on korien välinen etäisyys

$$u_{st} = \frac{u_{\max} - u_{\min}}{n_{bin} - 1}$$

25

Lopuksi päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n-1} päivitysten lukumäärät $nct(b_n)$ ja $nct(b_{n-1})$ seuraavasti

$$nct(b_n) = a * nct(b_n) + w_1$$

$$nct(b_{n+1}) = a * nct(b_{n+1}) + w_2$$

30

missä a on vakio.

Vakio a on ns. unohduskerroin. Unohduskertoimen a arvoksi valitaan yleensä $a = 1$, joka tarkoittaa, ettei unohdus ole käytössä. Jatkuvassa seurannassa saattaa kuitenkin olla edullista valita arvo $a < 1$, tyypillisesti $a = 0,9 - 0,9999$. Tällainen arvo tarkoittaa, että uudempi mittaus saa korin päivityksessä suuremman painokertoimen kuin vanha mittaus. Näin vanhojen mit-
 5 tausten vaikutus vähitellen katoaa eli ne "unohdetaan".

On huomattava, että tässä esitetty käyrien laskentamenetelmä on vain yksi mahdollinen laskentatapa, joka kuitenkin parantaa laskennan tarkkuutta. Alan ammattimiehelle on edellä olevan selityksen perusteella kuitenkin
 10 ilmeistä käyttää myös muita menetelmiä ominaiskäyrien laskemiseen keksinnön mukaisesti valikoitujen ja ryhmiteltyjen minuuttikeskiarvojen mukaan.

Hystereesin laskenta

Ominaiskäyrän laskenta 54 tuottaa kaksi ominaiskäyrää (tai ominaiskäyrien pisteet).. Toinen käyrä edustaa nousevaa ohjausta ja toinen laske-
 15 vaa ohjausta. Hystereesi lasketaan ominaiskäyrien etäisyytenä ohjausakselin (u-akselin) suunnassa yhdessä tai useammassa pisteessä, Pisteiden paikan ja määrän valinta riippuu edullisesti siitä, miten ohjaus on liikkunut keruujakson aikana.

Tarkastellaan esimerkkinä hystereesin laskemista yhdessä pisteessä viitaten kuvioon 8. Esimerkissä tunnetaan kaksi pistettä toisessa ominaiskäyrässä (u_A, y_A) ja (u_C, y_C) sekä yksi piste toisessa ominaiskäyrässä (u_B, y_B)
 20 niin että $y_A > y_B > y_C$. Ominaiskäyrien etäisyys u-akselin suunnassa h on

$$h = u_A - u_B + \frac{(u_C - u_A)(y_B - y_A)}{(y_C - y_A)}$$

25

Kuvio 9 havainnollistaa kahta ominaiskäyrää, joissa hystereesi on laskettu useassa pisteessä. Kuviossa 9 esitettyjen ominaiskäyrien ohjausakselin (u-akselin) arvot kuvaavat ohjauksen suhteellista osuutta (%) koko ohjaus-
 alueesta (100 %).

30 Esimerkki

Yllä kuvatun suoritusmuodon ominaiskäyrälaskentaa havainnollistetaan tässä esimerkin avulla. Tässä esimerkissä kuvataan, yksinkertaisuuden vuoksi, vain yhden ominaiskäyrän laskentaa. Käytännössä hystereesilaskenta päivittää samalla periaatteella kahta ominaiskäyrää.

Esimerkissä käytetyt parametrit

Korien määrä: $n_{bin} = 4$

Ohjaus min: $u_{min} = 0$

5 Ohjaus max: $u_{max} = 30$

Korien välinen etäisyys siis $u_{st} = 10$.

Ennen päivitystä ominaiskäyrää kuvaavat vektorit eivät varsinaisesti sisällä mitään tietoa. Vektorit ovat

10

- Ominaiskäyrän mittaukset y_0
- Ominaiskäyrän ohjaukset u_0
- Ominaiskäyrän frekvenssitieto (osumien lukumäärä) nct

15

$$y_0 = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$u_0 = [0 \ 10 \ 20 \ 30]$$

$$nct = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

Lisätään ominaiskäyrään seuraava ohjaus-mittaus pari

20

$$u_m = 12$$

$$y_m = 3$$

Valitaan ensin korit seuraavan kaavan mukaan

25

$$b_1 < \frac{u_m - u_{min}}{u_{max} - u_{min}} (n_{bin} - 1) + 1 < b_2$$

$$\frac{u_m - u_{min}}{u_{max} - u_{min}} (n_{bin} - 1) + 1 = \frac{12 - 0}{30 - 0} (4 - 1) + 1 = 2.2 \Rightarrow b_1 = 2, b_2 = 3$$

30

Lasketaan painokertoimet

$$w_1 = 1 - \frac{|u_m - u_{min} - (b_1 - 1)u_{st}|}{u_{st}} = 1 - \frac{|12 - 0 - (2 - 1) \times 10|}{10} = 0.8$$

Päivitetään mittausvektorit y_0 seuraavan kaavan mukaan

$$y_0(b_1) = \frac{nct(b_1)y_0(b_1) + w_1 y_m}{nct(b_1) + w_1} = \frac{0 + 0.8 \times 3}{0 + 0.8} = 3$$

Mittausvektorit y_0 , kori 3 ja ohjausvektorin u_0 korit 2 ja 3 päivitetään samalla tavalla.

5

Vektori nct päivitetään

$$nct(2) = a \cdot nct(2) + w_1 = 1 \cdot 0 + 0.8 = 0.8$$

10

ja sama korille 3. Unohduskerroin on $a=1$, mikä tarkoittaa, ettei unohdus ole käytössä.

Ensimmäisen ohjaus-mittausparin jälkeen ominaiskäyrävektorit ovat:

15

$$\begin{aligned} y_0 &= [0 \quad 3 \quad 3 \quad 0] \\ u_0 &= [0 \quad 12 \quad 12 \quad 30] \\ nct &= [0 \quad 0.8 \quad 0.2 \quad 0] \end{aligned}$$

20

parilla

Seuraavaksi päivitetään ominaiskäyrää seuraavalla ohjaus-mittaus

$$u_m = 24$$

$$y_m = 5$$

25

Ohjaus on nyt korien 3 ja 4 välissä ($b_1 = 3$, $b_2 = 4$), niin että se on lähempänä koria 3 (painokerroin $w_1 = 0.6$) kuin koria 4 (painokerroin $w_2 = 0.4$).

Mittausvektorin päivitykset tehdään seuraavasti

30

$$y_0(b_1) = \frac{nct(b_1)y_0(b_1) + w_1 y_m}{nct(b_1) + w_1} = y_0(3) = \frac{0.2 \times 3 + 0.6 \times 5}{0.2 + 0.6} = 4.5$$

Sama kaava käytetään ohjauksen päivityksessä

$$u_0(3) = \frac{0.2 \times 12 + 0.6 \times 24}{0.2 + 0.6} = 21$$

nct-vektoria päivitetään,

5
$$\text{nct}(3) = \text{nct}(3) + w1 = 0.2 + 0.6 = 0.8$$

$y_0(4)$, $u_0(4)$, ja $\text{nct}(4)$ päivitetään samalla tavalla kuin edellä (kori tyhjä ennen päivitystä). Painokerroin $w2 = 0.4$.

10 Toisen pisteen jälkeen ominaiskäyrävektorit ovat

$$\begin{aligned} y_0 &= [0 \quad 3 \quad 4.5 \quad 5] \\ u_0 &= [0 \quad 12 \quad 21 \quad 24] \\ \text{nct} &= [0 \quad 0.8 \quad 0.8 \quad 0.4] \end{aligned}$$

15

Lisätään vielä seuraava pari

$$\begin{aligned} u_m &= 15 \\ y_m &= 4 \end{aligned}$$

20

Tulos on

$$\begin{aligned} y_0 &= [0 \quad 3.3846 \quad 4.3077 \quad 5.0000] \\ u_0 &= [0 \quad 13.1538 \quad 18.6923 \quad 24.0000] \\ \text{nct} &= [0 \quad 1.3000 \quad 1.3000 \quad 0.4000] \end{aligned}$$

25

Oletetaan vielä, että laskentaa on jatkettu siten, että on lisätty 97 kpl mittaus-ohjaus paria, niin että ohjaus on satunnaisesti valittu kokonaisluku välillä 0-30, ja mittaus on tämän neliöjuuri pyöristetty lähimpään kokonaislukuun.

30 Kuviossa 10 on yläkuvassa esitetty esimerkissä käytetyt ohjausmittaus parit (x) ja laskettu ominaiskäyrä (—*) y_0 vs. u_0 . Alakuvassa on esitetty frekvenssikäyrä nct vs. u_0 (—*—).

35 Kaikissa esitetyissä suoritusmuodoissa ja muissa keksinnön muunnelmissa on mahdollista korvata mittaus y asetuservolla r tai sitä edustavalla signaalilla.

Selitys ja siihen liittyvät kuviot on tarkoitettu havainnollistamaan esillä olevan keksinnön periaatteita. Erilaiset vaihtoehtoiset toteutustavat, muunnelmat ja muutokset ovat alan ammattimiehelle ilmeisiä tämän selityksen perusteella. Esillä olevaa keksintöä ei ole tarkoitettu rajoittumaan tässä kuvattuihin esimerkkeihin, vaan keksintö voi vaihdella oheisten patenttivaatimusten puitteissa ja hengessä.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi, joka menetelmä käsittää
- 5 kerätään prosessilaitteen ohjaussisääntuloa ja prosessiulostuloa edustavien signaalien näytepareja,
lasketaan kerättyjen näyteparien avulla prosessilaitteen hystereesi, t u n n e t t u siitä, että
- 10 kukin kerätty näytepari käsittää keskimääräisen ohjaussisääntulon ja keskimääräisen ulostulon ennalta määrättyltä keräilyjaksolta,
seulotaan (53) näyteparit, jotka ovat sopivia jatkokäsittelyyn, kunkin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määrän ja suunnan perusteella,
ryhmitellään (53) näyteparit ensimmäiseen ja toiseen ryhmään kun-
- 15 kin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen suunnan perusteella,
lasketaan (54) ensimmäinen ja toinen ohjaus/ulostulo-ominaiskäyrä ensimmäisen ja vastaavasti toisen ryhmän seulottujen näyteparien avulla,
määritetään prosessilaitteen hystereesi ensimmäisen ja toisen omi-
- 20 naiskäyrän välisenä etäisyytenä ainakin yhdessä pisteessä.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu prosessiulostuloa edustava signaali käsittää jonkin seuraavista: mitattu prosessisuure (y); tai prosessisuureen asetusarvo (r) prosessisäädös-
- 25 sä.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu seulominen (53) käsittää
- lasketaan kullekin näyteparille keskimääräisen ohjaussisääntulon muutos suhteessa edellisen näyteparin keskimääräiseen ohjaussisääntuloon sekä muutoksen suunta,
- 30 jos laskettu muutos on pienempi ja tapahtunut samaan suuntaan kuin mainitulle edellisen näyteparin ohjaussisääntulolle laskettu muutos, valitaan näytepari jatkokäsittelyyn, ja muutoin hylätään näytepari.
4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että muutoksen suunta lasketaan laskemalla muutoksen etumerkki,

jolloin etumerkki on positiivinen, jos ohjaussisääntulo on kasvamassa, ja negatiivinen, jos ohjaussisääntulo on pienenemässä.

5. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu seulominen käsittää

5 näytepari $u_m(j), y_m(j)$ valitaan ominaiskäyrän laskentaan jos seuraavat kaksi ehtoa täyttyvät:

$$|\Delta u_m(j)| < |\Delta u_m(j-1)|$$

$$\text{sign}(\Delta u_m(j)) = \text{sign}(\Delta u_m(j-1))$$

missä

$u_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen ohjaussisääntulo,

10 $y_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen mitattu ulostulo,

j on kokonaislukuindeksi,

$$\Delta u_m(j) = u_m(j) - u_m(j-1)$$

$\text{sign}(\Delta u_m)$ laskee Δu_m :n etumerkin.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että näyteparit ryhmitellään ensimmäiseen ja toiseen ryhmään seuraavan säännön perusteella:

jos Δu_m :n etumerkki positiivinen, näytepari kuuluu ensimmäiseen ryhmään,

20 jos Δu_m :n etumerkki negatiivinen : näytepari kuuluu toiseen ryhmään.

7. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu kerääminen käsittää

25 otetaan ohjaussisääntulosta (u_m) ja mitatusta ulostulosta (y_m) hetkellinen näytepari (y_s, u_s) tietyin aikavälein, aikavälin ollessa edullisesti yhden tai useamman sekunnin luokkaa,

lasketaan mainitun keräilyjakson aikana otetuista hetkellisistä näytepareista (y_s, u_s) mainittu keskimääräinen näytepari (u_m, y_m), keräilyjakson ollessa edullisesti yhden tai useamman minuutin luokkaa.

8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, 30 tunnettu siitä, että lasketaan hystereesille luotettavuusarvo funktiolla, joka sisältää parametreina

ensimmäiseen, nousevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien (u_m, y_m) lukumäärä $Ny1$,

toiseen, laskevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien (u_m, y_m) lukumäärä $Ny2$,

ensimmäiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta toisen ominaiskäyrän alapuolella olevien näyteparien lukumäärä $Noy1$, ja

5 toiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta ensimmäisen ohjauskäyrän yläpuolella olevien näyteparien lukumäärä $Noy2$.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

10 luotettavuusarvo L lasketaan funktiolla $L = \max(0, 1 - Noy1/Ny1 - Noy2/Ny2)$, jolloin L voi saada arvoja välillä 0-1, missä $L=1$ on täysin luotettava ja $L=0$ täysin epäluotettava.

10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kummankin ominaiskäyrän laskeminen käsittää

15 jaetaan ohjaussisääntulonohjausalue koreihin $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$, missä $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ on korien sijainti ohjaussisääntuloa edustavalla u -akselilla ja n_{bin} on korien lukumäärä, jolloin korien sisältämien arvojen $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ edustavat ulostulon arvoja ulostuloa kuvaavalla y -akselilla ja arvoparit $u_0(1)/y_0(1), \dots, u_0(n_{bin})/y_0(n_{bin})$ määrittelevät ominaiskäyrän,

20 päivitetään korien $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ arvoja $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ mainittujen keskimääräisten näyteparien avulla käyttäen ennalta määrättyä painotusfunktioita.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

25 päivitetään kunkin näyteparin mukaan kahta koria b_n, b_{n-1} , jotka valitaan siten että seuraava ehto täyttyy

$$b_n < \frac{u_m - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}} (n_{bin} - 1) + 1 < b_{n+1}$$

missä

u_m on näyteparin keskimääräinen ohjaussisääntulo,

y_m on näyteparin j keskimääräinen mitattu ulostulo,

30 $n=1 \dots bin$,

u_{\min} ja u_{\max} ovat ohjausalueen minimi ja vastaavasti maksimi,

päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n-1} arvot $y_0(b_n)$ ja $y_0(b_{n+1})$ seuraa-

vasti

$$y_0(b_n) = \frac{nct(b_n)y_0(b_n) + w_1 y_m}{nct(b_n) + w_1}$$

$$y_0(b_{n+1}) = \frac{nct(b_{n+1})y_0(b_{n+1}) + w_2 y_m}{nct(b_{n+1}) + w_2}$$

missä

$nct(1) \dots nct(n_{bin})$ edustavat kunkin korin päivitysten lukumäärää,

5 w_n ja w_{n+1} ovat painokertoimet

$$w_n = 1 - \frac{|u_m - u_{min} - (b_n - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

$$w_{n+1} = 1 - \frac{|u_m - u_{min} - (b_{n+1} - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

u_{st} on korien välinen etäisyys

10
$$u_{st} = \frac{u_{max} - u_{min}}{n_{bin} - 1}$$

päivitetään valittujen korien b_n ja b_{n-1} päivitysten lukumäärät
 $nct(b_n)$ ja $nct(b_{n-1})$ seuraavasti

$$nct(b_n) = a \cdot nct(b_n) + w_1$$

$$nct(b_{n+1}) = a \cdot nct(b_{n+1}) + w_2$$

15 missä a on vakio.

12. Järjestelmä prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi, joka järjestelmä käsittää

välineet, joilla kerätään prosessilaitteen ohjaussisääntuloa ja prosessiulostuloa edustavien signaalien näytepareja,

20 välineet, joilla lasketaan kerättyjen näyteparien avulla prosessilaitteen hystereesi,

tunnetaan siitä, että kukin kerätty näytepari käsittää keskimääräisen ohjaussisääntulon ja keskimääräisen ulostulon ennalta määrätyltä keräilyjaksolta, ja että järjestelmä käsittää

25 välineet (53), joilla seulotaan näyteparit, jotka ovat sopivia jatkokesittelyyn, kunkin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määrän ja suunnan perusteella,

30 välineet (53), joilla ryhmitellään näyteparit ensimmäiseen ja toiseen ryhmään kunkin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen suunnan perusteella,

välineet (54), joilla lasketaan ensimmäinen ja toinen ohjaus/ulostulominaiskäyrä ensimmäisen ja vastaavasti toisen ryhmän seulottujen näyteparien (u_m , y_m) avulla,

5 välineet (55), joilla määritetään prosessilaitteen hystereesi ensimmäisen ja toisen ominaiskäyrän välisenä etäisyytenä ainakin yhdessä pisteessä.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu prosessiulostuloa edustava signaali käsittää jonkin seuraavista: mitattu prosessisuure (y); tai prosessisuureen asetusarvo (r) prosessissä-
10 dössä.

14. Patenttivaatimuksen 12 ja 13 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitut seulomisvälineet käsittävät

15 välineet (53), joilla lasketaan kullekin näyteparille keskimääräisen ohjaussisääntulon muutos suhteessa edellisen näyteparin keskimääräiseen ohjaussisääntuloon sekä muutoksen suunta, ja joilla valitaan näytepari jatkokäsittelyyn, jos laskettu muutos on pienempi ja tapahtunut samaan suuntaan kuin mainitulle edellisen näyteparin ohjaussisääntulolle laskettu muutos, ja muutoin hylätään näytepari.

20 15. Jonkin patenttivaatimuksen 12-14 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että järjestelmä käsittää välineet (55), joilla lasketaan hystereesille luotettavuusarvo funktiolla, joka sisältää parametreina

ensimmäiseen, nousevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien lukumäärä $Ny1$,

25 toiseen, laskevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien lukumäärä $Ny2$,

ensimmäiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta toisen ominaiskäyrän alapuolella olevien näyteparien lukumäärä $Noy1$, ja

toiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta ensimmäisen ohjauskäyrän yläpuolella olevien näyteparien lukumäärä $Noy2$.

30 16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että

luotettavuusarvo L lasketaan funktiolla $L = \max(0, 1 - Noy1/Ny1 - Noy2/Ny2)$, jolloin L voi saada arvoja välillä 0-1, missä $L=1$ on täysin luotettava ja $L=0$ täysin epäluotettava.

17. Ohjelmatuote, joka sisältää ohjelmakoodin, joka toteuttaa jonkin patenttivaatimuksen 1-10 mukaisen menetelmän menetelmävaiheet, kun se ajetaan tietokoneessa ja vastaavassa.

[illegible]

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena ovat menetelmä ja järjestelmä prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi. Prosessista kerätään (50) sekuntitason näytedataa y_s ja u_s säätöpiirin ohjaus- ja mittaussignaaleista u ja y . Näistä sekuntitason mittausarvoista lasketaan (51) minuutikeskiarvoja y (min) ja u (min), jotka tallennetaan tietokantaan (52). Minuuttitason näytepareista u_m ja y_m valikoidaan tietyn proseduurin mukaisesti ne parit, jotka soveltuvat hystereesin laskentaan (53). Parit jaetaan myös kahteen ryhmään. Soveltumattomat parit hylätään (57). Valikoiduista (u_m , y_m) -pareista lasketaan kaksi ominaiskäyrää (54), joiden perusteella lasketaan hystereesi (55). Laskentaan (55) kuuluu myös rutiini, joka arvioi tunnistetun hystereesin luotettavuuden.

(Kuvio 5)

1/4
L 5

Fig. 1

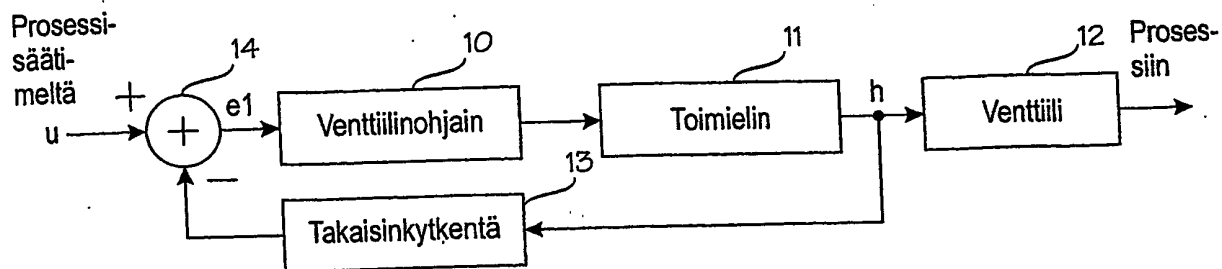


Fig. 2

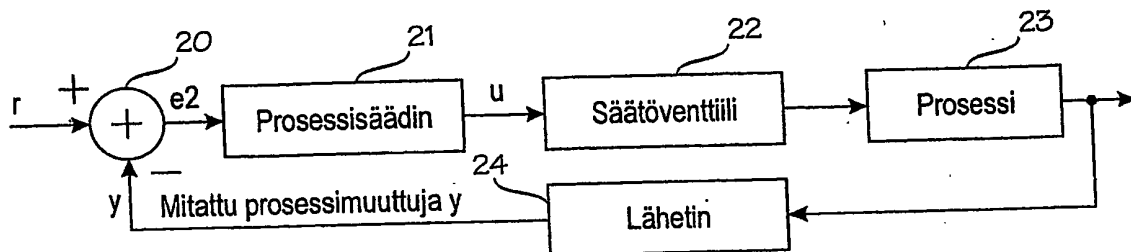


Fig. 3

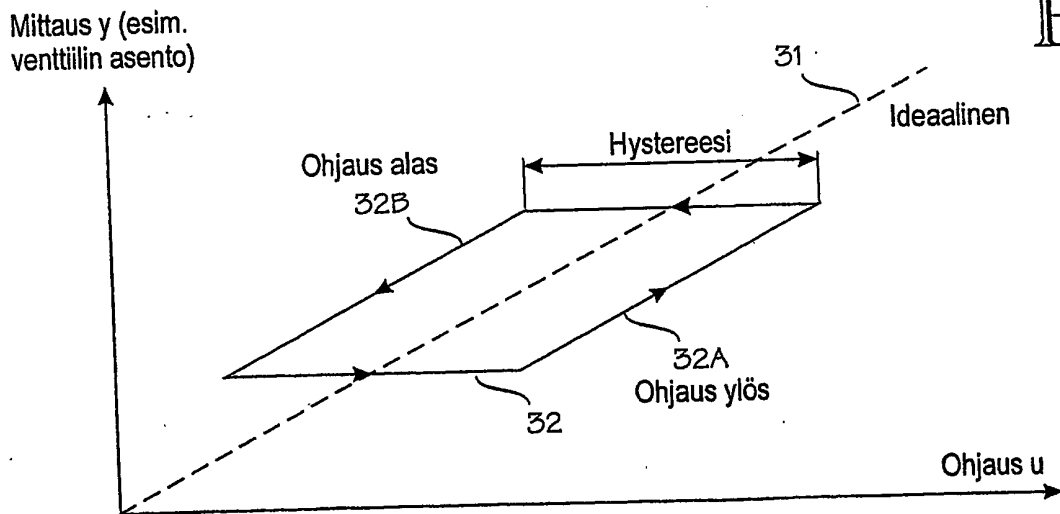


Fig. 4

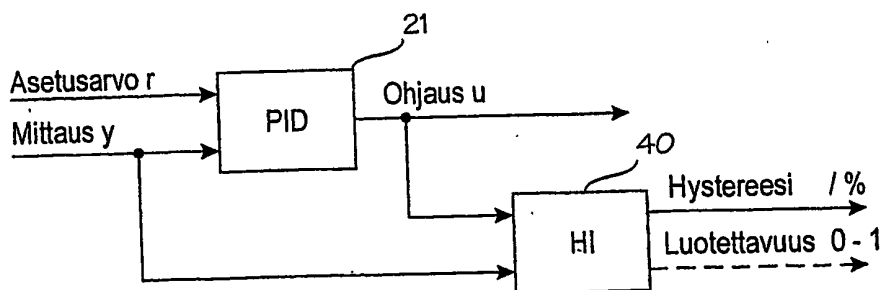
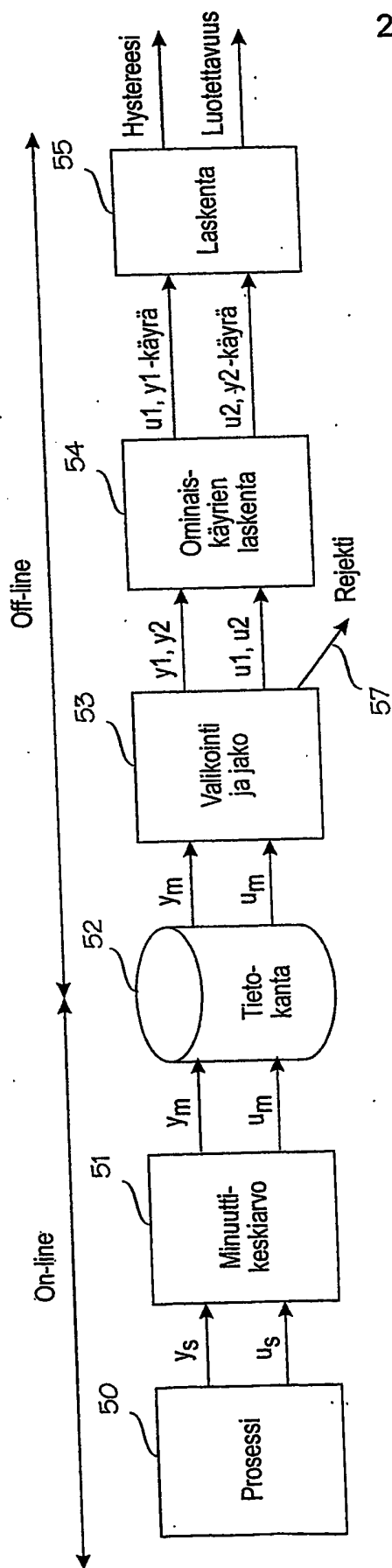


Fig. 5



3/4
L5

Fig. 6A

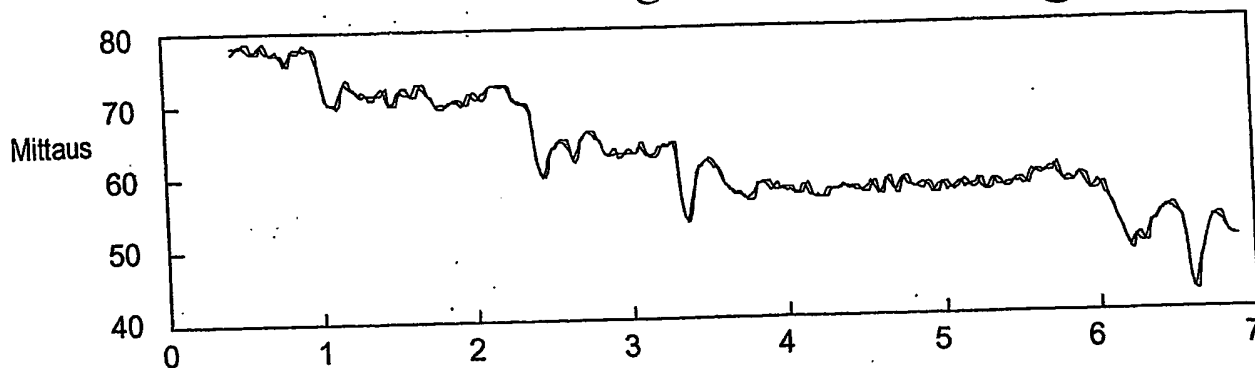


Fig. 6B

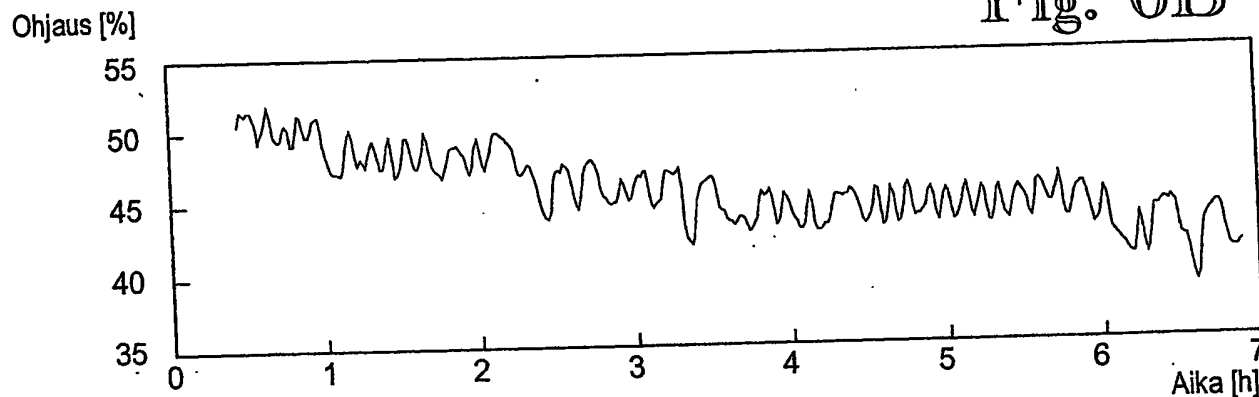


Fig. 7A

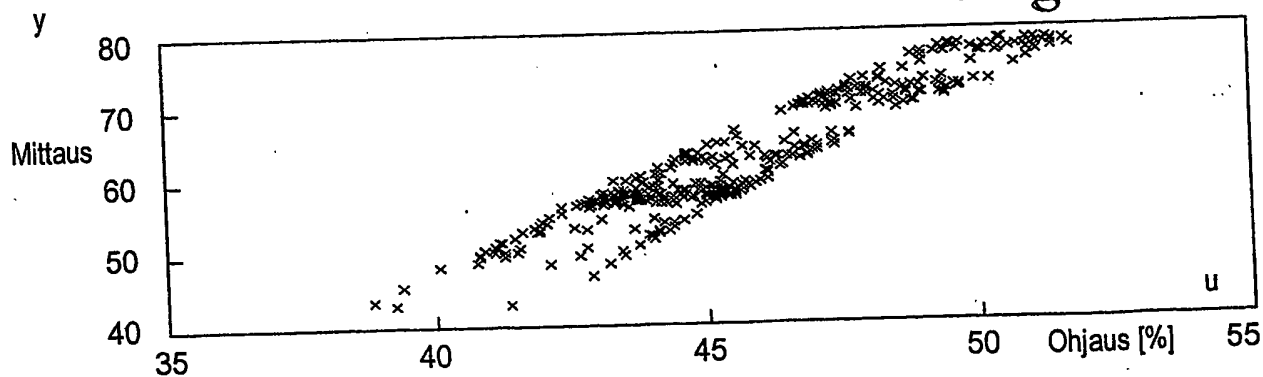
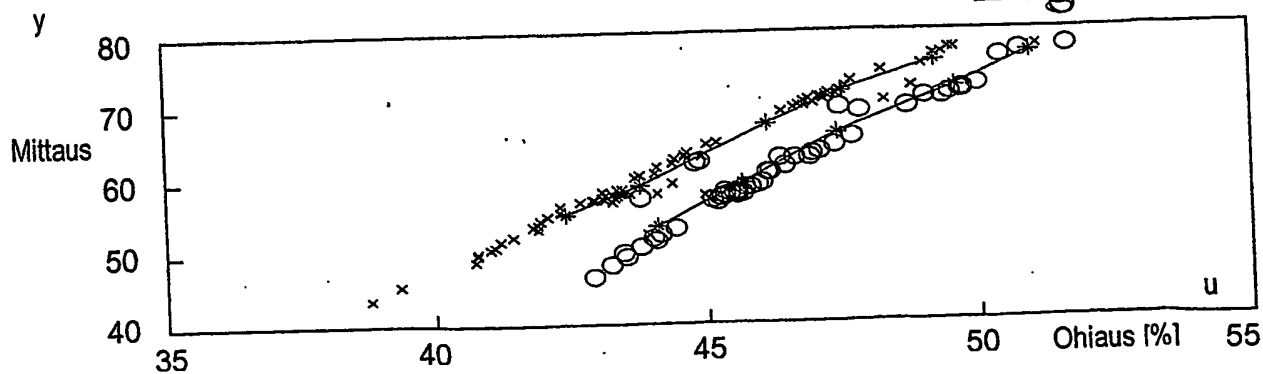
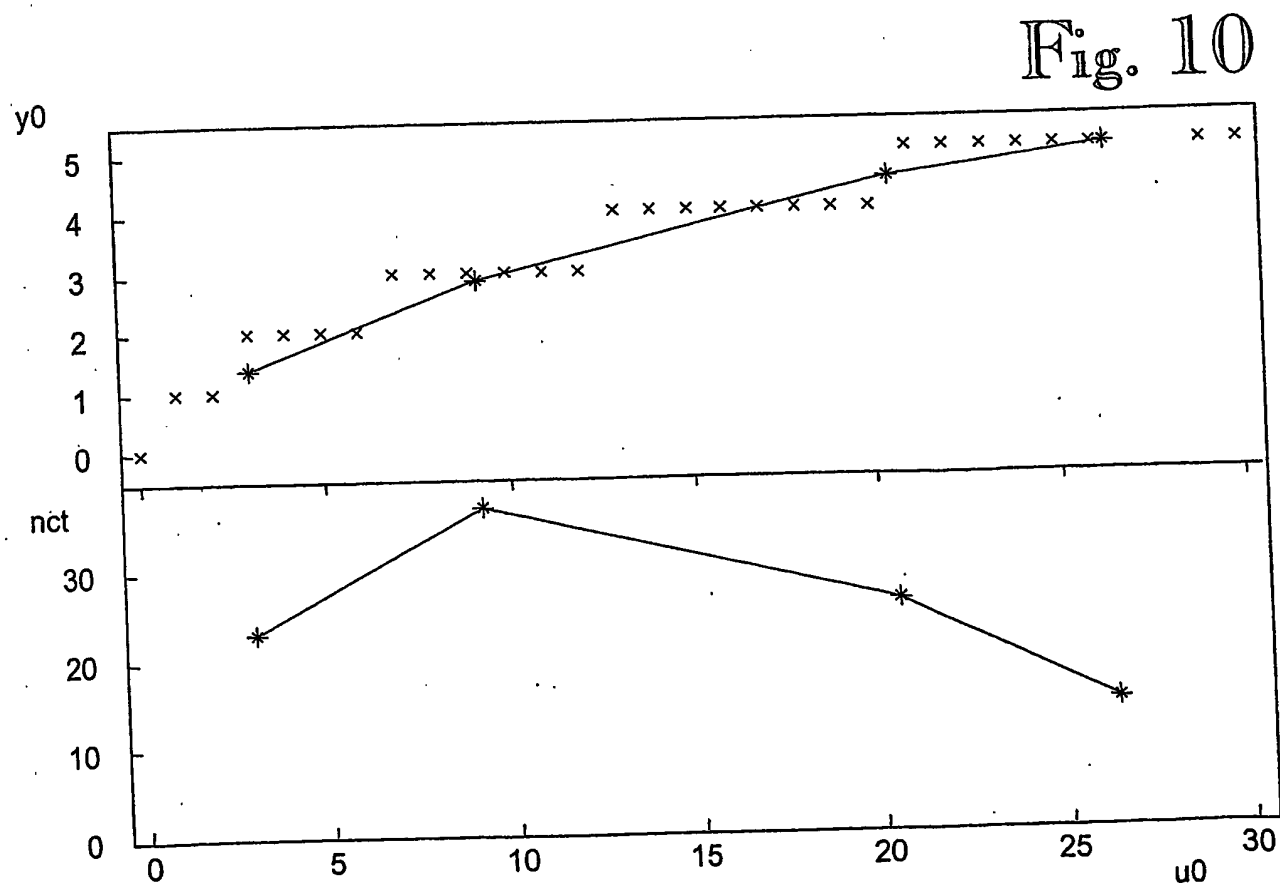
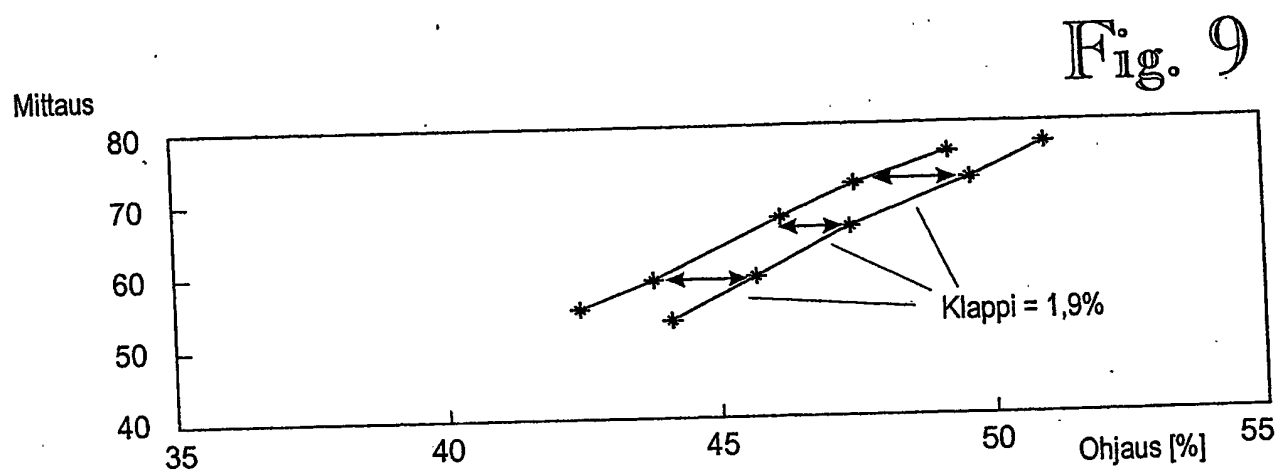
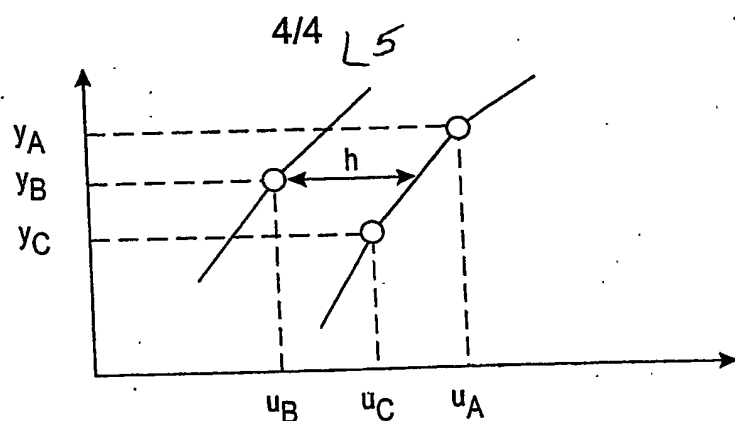


Fig. 7B





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.